

Boletim de Pesquisa

ISSN 0100-8102

Ministério
da Agricultura
e do Abastecimento

Número, 202

Dezembro, 1998

**EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE
CUPUAÇUZEIRO ORIUNDAS DE SEMENTES
SUBMETIDAS A ESTRESSES TÉRMICOS**

Embrapa

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente
Fernando Henrique Cardoso

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO
Ministro
Francisco Sérgio Turra

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
Presidente
Alberto Duque Portugal

DIRETORES
Dante Daniel Giacomelli Scolari
Elza Ângela Battaglia Brito da Cunha
José Roberto Rodrigues Peres

CHEFIA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Emanuel Adilson Souza Serrão – Chefe Geral
Jorge Alberto Gazel Yared – Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Antonio Carlos Paula Neves da Rocha – Chefe Adjunto de Apoio Técnico
Antonio Ronaldo Teixeira Jatene – Chefe Adjunto de Administração

**EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE
CUPUAÇUZEIRO ORIUNDAS DE SEMENTES
SUBMETIDAS A ESTRESSES TÉRMICOS**

Francisco José Câmara Figueirêdo
Olinto Gomes da Rocha Neto
Cláudio José Reis de Carvalho



Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa-CPATU

Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n

Telefones: (091) 246-6653, 246-6333

Telex: (91) 1210

Fax: (091) 226-9845

e-mail: cpatu@cpatu.embrapa.br

Caixa Postal, 48

66095-100 – Belém, PA

Tiragem: 200 exemplares

Comitê de Publicações

Leopoldo Brito Teixeira – Presidente

Antonio de Brito Silva

Exedito Ubirajara Peixoto Galvão

Joaquim Ivanir Gomes

Oriel Filgueira de Lemos

Eduardo Jorge Maklouf Carvalho

Maria do Socorro Padilha de Oliveira

Célia Maria Lopes Pereira

Maria de N. M. dos Santos – Secretária Executiva

Revisores Técnicos

Júlio Marcos Filho – ESALQ-USP

Eurico Moraes – FCAP

Expediente

Coordenação Editorial: Leopoldo Brito Teixeira

Normalização: Célia Maria Lopes Pereira

Revisão Gramatical: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos

Moacyr Bernardino Dias Filho (texto em inglês)

Composição: Euclides Pereira dos Santos Filho

FIGUEIRÊDO, F.J.C.; ROCHA NETO, O.G. da ; CARVALHO, C.J.R. de.
Emergência de plântulas de cupuaçuzeiro oriundas de sementes submetidas a estresses térmicos. Belém: Embrapa-CPATU, 1998. 39p.
(Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 202).

1. Cupuaçuzeiro – Plântula – Emergência – Fisiologia. 2. Cupuaçuzeiro – Semente – Germinação – Efeito da temperatura. 3. Cupuaçuzeiro – Semente – Germinação – Efeito da umidade. 4. Cupuaçuzeiro – Semente – Tratamento. I. Rocha Neto, O.G. da; colab. II. Carvalho, C.J.R. de, colab. III. Embrapa. Centro de Pesquisa Agroflorestral da Amazônia Oriental (Belém, PA). IV. Título. V. Série.

CDD: 634.65

S U M Á R I O

INTRODUÇÃO.....	6
MATERIAL E MÉTODOS	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE CUPUAÇUZEIRO ORIUNDAS DE SEMENTES SUBMETIDAS A ESTRESSES TÉRMICOS¹

Francisco José Câmara Figueirêdo²

Olinto Gomes da Rocha Neto²

Cláudio José Reis de Carvalho²

RESUMO: O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Wild. ex. Spreng.) Schum.), espécie frutífera arbórea nativa do Pará, família *Sterculiaceae*, pode ser encontrado em estado silvestre nas florestas tropicais úmidas de terra firme, na pré-amazônia maranhense e, espontaneamente ou cultivada, em toda a Amazônia brasileira, na Venezuela, Equador, Costa Rica e Colômbia. O objetivo deste trabalho foi o de estudar alguns aspectos fisiológicos da emergência de plântulas de cupuaçuzeiro oriundas de sementes submetidas a tratamentos estressantes. As condições de estresses, comparadas aos controles, foram representadas pelas exposições das sementes, por períodos de 48, 72, 240 e 480 horas, a $10^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e $65 \pm 2 \% \text{ UR}$; $16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e $65 \pm 2 \% \text{ UR}$ e $21^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e $45 \pm 2 \% \text{ UR}$. As variáveis de respostas foram o grau de umidade, porcentagem de emergência e vigor. Os tratamentos estressantes causaram danos às sementes ao reduzirem a emergência e o vigor, como consequência da perda de água. Os maiores danos foram provocados pelas combinações de $10^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ ou $16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e $65 \pm 2 \% \text{ UR}$ e, os menores, devido a secagem ter sido mais rápida, pelas condições de $21^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e umidade relativa do ar de 65% . Para que sejam preservados satisfatoriamente os índices de emergência, as sementes de cupuaçuzeiro não devem ser desidratadas a níveis inferiores a 45% de água, quando submetidas à secagem lenta.

Termos para indexação: qualidade fisiológica, conteúdo de água, vigor.

¹Extraído da tese de doutorado, "Aspectos fisiológicos e bioquímicos da emergência de sementes e do estágio inicial do desenvolvimento de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Wild. Ex-Spreng.) Schum.)", apresentada ao Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará.

²Eng.-Agr., D.Sc., Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66 017-970, Belém, PA.

EMERGENCY OF SEEDLING OF CUPUAÇU SEEDS UNDER STRESSING THERMIC

ABSTRACT: The "cupuaçu" tree (*Theobroma grandiflorum* [Wild. ex. Spreng.] Schum.), a fruit species native of the State of Pará, Brazil, a member of the *Sterculiaceae*, can be found in wild conditions in the upland humid tropical forests, in the Amazon region of the State of Maranhão and, spontaneously or cultivated in all the Brazilian Amazon, Venezuela, Equador, Costa Rica and Colombia. The aim of this research was to study some physiological aspects of seedling emergency under stressing conditions. The stressing conditions, compared to the controls, were represented by the expositions to $10^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ and $65 \pm 2\%$ relative humidity, $16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ and $65 \pm 2\%$ relative humidity and $21^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ and $45 \pm 2\%$ relative humidity. The response variables were the water content, seedling emergence and vigor. The stressing conditions were harmful to the seeds, reducing both emergence and vigor. The worst damages resulted from combinations of $10^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ or $16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ and $65 \pm 2\%$ UR. "Cupuaçu" seeds should not be water content lower than 45% when submitted to the slow drying.

Index terms: physiological quality, water content, vigor.

INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* [Wild. ex. Spreng.] Schum.) é nativo do Estado do Pará e pertence à família *Sterculiaceae*. Pode ser encontrado de forma natural no sudoeste e sul do Pará e na pré-amazônia maranhense (Ducke, 1953) e, em estado silvestre, nas florestas tropicais úmidas de terra firme (Cuatrecasas, 1964) ou, espontaneamente ou cultivada, em toda a região amazônica brasileira, assim como na Venezuela, Equador, Costa Rica e Colômbia (Cavalcante, 1991).

O cultivo do cupuaçuzeiro é uma das principais opções agrícolas para o desenvolvimento socioeconômico da região amazônica (Calzavara et al. 1984; Mota, 1990). Por tratar-se de espécie que vegeta espontaneamente em

sub-bosques de áreas de mata, Nogueira et al. (1991) recomendaram o cultivo do cupuaçuzeiro em consórcio com pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) e açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). A expansão dos cultivos racionais fez com que esta cultura passasse a ser considerada como alternativa à exploração econômica nos sistemas agrícolas da região amazônica, principalmente como componente dos sistemas agroflorestais ou consorciada com culturas de expressão econômica (Gasparotto et al. 1997; Ribeiro, 1997; Cavalcante & Costa, 1997).

As sementes do cupuaçuzeiro perdem rapidamente a germinação, especialmente quando expostas a condições ambientais com baixas temperatura e umidade relativa do ar (Villachica, 1996). Estas condições inviabilizam o armazenamento dessas sementes pelos métodos convencionais.

De germinação hipogeal, as sementes de cupuaçuzeiro geralmente iniciam o processo germinativo a partir do 13º dia, prolongando-se até o 25º dia após a semeadura. As porcentagens de germinação são sempre elevadas, em torno de 90 % (Villachica, 1996). Müller & Figueirêdo (1990) obtiveram porcentagens de 90 % a 98 % quando trabalharam com diferentes classes de tamanho de sementes dessa espécie.

Em função das limitações a determinadas condições de temperatura e umidade relativa do ar, além do conteúdo de água em seus tecidos, as sementes das plantas cultivadas são classificadas em ortodoxas, recalcitrantes e intermediárias.

De acordo com Roberts & King (1980), enquadram-se como ortodoxas todas as sementes agrícolas e hortícolas de ciclos anuais ou bianuais. Desse modo, as sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.), entre outras, são ortodoxas. Entre as espécies cultivadas na região amazônica, podem ser mencionadas a acerola

(*Malpighia glaba* L.), o biribá (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baillon), a carambola (*Averrhoa carambola* L.), o muruci (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich.), o taperebá (*Spondias mombim* L.) e a sorva (*Couma utilis* (Mart.) Muell. Agrov.), segundo Carvalho et al. (199-; 1996a).

Carvalho & Nakagawa (1988) e Bonner (1989) consideram como recalcitrantes aquelas de adaptação ecológica tropical e que perdem mais rapidamente a viabilidade quanto maior for a taxa de desidratação. Para algumas espécies nativas ou adaptadas às condições da Amazônia podem ser consideradas como recalcitrantes, entre essas, açaí, bacuri (*Platonia insignis* Mart.), cupuaçu e pupunha (Carvalho et al. 1996b); além de manga (*Mangifera indica* L.), cacau (*Theobroma cacao* L.), seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Agrov.), guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) e mangostão (*Garcinia mangostona* L.), citadas por Corbineau & Côme (1988); Zink & Rochele (1964); Cícero et al. (1986); Carvalho et al. (1982) e Carvalho et al. (1996b), respectivamente.

Os conhecimentos sobre recalcitrância indicam que as sementes com essas características não desenvolvem mecanismos que permitam atingir os estádios de quiescência ou mesmo de dormência. Outra hipótese a ser considerada está relacionada com os processos bioquímicos da germinação, que podem ter início antes mesmo de alcançar o estágio de maturidade fisiológica e não podem ser interrompidos mesmo quando as sementes são expostas aos métodos usuais de secagem ou de armazenamento. Pammenter et al. (1997) consideraram essa classe de sementes como metabolicamente ativas, o que lhes permite germinar quando armazenadas com altos graus de umidade.

Essas sementes, quando desidratadas a níveis mais drásticos, perdem a viabilidade, porém quando expostas a condições usuais de armazenamento podem germinar (King & Robert, 1979). Andrade et al. (1996a) observaram que

houve ocorrência de germinação de sementes de palmitreiro (*Euterpe edulis* Mart.), com 43 % de água no interior das embalagens, quando armazenadas a 15° C.

No que se refere às sementes de comportamento intermediário, estas podem resistir a desidratações até atingir 10 % de água, mas são altamente sensíveis às baixas temperaturas (Ellis et al. 1990, 1991ab). Nesse grupo podem ser mencionadas as sementes de café (*Coffea arabica* L.), Ellis et al. (1990); dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.), Ellis et al. (1991b) e jenipapo (*Genipa americana* L.), Carvalho et al. (1996b).

As interpretações sobre o desenvolvimento e a germinação de sementes de diversas espécies permitiram que Ventucci & Farrant (1995) concluíssem que a tolerância à dessecação é um fenômeno complexo, que envolve a interação entre o metabolismo e o ajuste estrutural das membranas, que faz as células suportarem a perda de água com o mínimo de danos. O não-funcionamento de uma ou mais dessas características pode resultar em diferentes graus de tolerância, mas a proteção completa contra esses danos é impossível. A capacidade para reverter os danos inevitáveis também é vital para a tolerância à desidratação. Assim, é possível manter a habilidade necessária para reparar os prováveis danos à integridade estrutural das membranas, quando o teor de água ou hidratação for novamente satisfatório.

A secagem lenta causa menos estresse às sementes, pois se assemelha ao que ocorre na natureza, quando o processo metabólico e o desenvolvimento não são interrompidos. Berjak et al. (1990) observaram em sementes recalcitrantes, quando submetidas a secagem lenta, que o teor crítico de água é mais elevado e o metabolismo não é paralisado; quando expostas a métodos de secagem rápida, o teor de água crítico é mais baixo. Ferreira & Santos (1993), ao estudarem o efeito da velocidade de secagem sobre a emergência e o vigor, observaram que quando esse processo foi mais

lento, favoreceu a emergência e o vigor de sementes de pupunha, muito embora esses parâmetros tenham sido afetados por pequenas reduções do grau de umidade.

A dessecação de sementes recalcitrantes tem sido objeto de estudo por vários pesquisadores. Andrade (1984), ao submeter sementes de *Euterpe edulis* Mart., *E. oleracea* Mart., *E. catinga* A. R. Wallace, *Oenocarpus bacaba* Mart. e *O. minor* Mart. à dessecação, com o emprego de sílica gel, em ambiente a 20 °C, observou que as sementes dessas espécies são sensíveis à desidratação, pois as porcentagens de germinação foram bastante baixas, para graus de umidade que variaram de 20 % a 24 %. Pereira (1976), quando estudou métodos de conservação de sementes de seringueira, observou que teores de água inferiores a 25 % comprometeram a viabilidade das sementes, que registraram valores inferiores a 12 % de germinação.

A reidratação é a condição básica para que ocorra a germinação das sementes viáveis e não-dormentes (Popinigis, 1985; Bewley & Black, 1985; Borges & Rena, 1993). A avaliação das condições em que a embebição ocorre pode ser estabelecida por três fatores essenciais: a composição das sementes; a permeabilidade do tegumento e a qualidade da água ou gases do meio ambiente (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1982).

A germinação das sementes tem início com as transformações que se processam no eixo embrionário, temporariamente suspensas durante o estágio de quiescência ou de dormência, e, como consequência, ocorre a transferência de informações genéticas ao novo genoma (Jann & Amen, 1980). Segundo Heydecker (1980), a germinação decorre de uma série de processos que transformam a semente de uma condição inerte, para outra de muita atividade que leva ao crescimento, e tem como primeira manifestação a protrusão da raiz primária. Para Labouriau (1983), a germinação é um fenômeno biológico, que consiste da retomada do crescimento do embrião e, como consequência, há a ruptura do tegu-

mento devido ao desenvolvimento da raiz primária. Para Attridge (1990), apesar da dificuldade de ser estabelecido o momento exato do final da germinação, este deve coincidir com o estágio de protrusão de uma porção do embrião que resulta do alongamento das células do eixo embrionário.

Morfologicamente, a germinação é a transformação do embrião em plântula; fisiologicamente, é o reinício do metabolismo, anteriormente reduzido ou suspenso, com vistas à transferência das informações genômicas; e, bioquimicamente, é a alteração das substâncias de reservas, através de processos oxidativos ou de sínteses, que resultam no crescimento e desenvolvimento de novo indivíduo (Heydecker, 1980).

Algumas sementes não germinam imediatamente após a colheita, pois necessitam de certo período de armazenamento para que possam manifestar esta função fisiológica, provavelmente, devido à imaturidade do embrião. De acordo com Mayer & Poljakoff-Mayber (1982), determinadas sementes de cereais têm baixa germinação logo após a colheita e esta aumenta com o período de armazenamento. Outras sementes só germinam quando embebidas ou estratificadas a baixas temperaturas, enquanto algumas outras requerem luz, mas essa exigência pode deixar de ser necessária com o decorrer do armazenamento. Figueirêdo et al. (1997) obtiveram a maior porcentagem de emergência de sementes de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) após 90 dias da coleta dos frutos.

A cultura do cupuaçuzeiro passa por um processo evolutivo de acúmulo de conhecimentos científicos e tecnológicos, que o levará, oportunamente à condição de cultura plenamente domesticada. Segundo Homma (1993), a fase de exploração extrativa chega ao seu final quando a atividade de coleta não é mais capaz de produzir para atender a demanda, seja pelo decréscimo da produção ou pelo aumento da própria procura.

O objetivo deste trabalho foi o de estudar alguns aspectos fisiológicos da emergência de plântulas oriundas de sementes de cupuaçuzeiro, submetidas a estresses promovidos pela temperatura e umidade relativa do ar, e pelo tempo de exposição a essas condições. Por outro lado, a execução desta pesquisa foi apoiada na hipótese de que as sementes desta espécie perdem a viabilidade quando desidratadas a determinados níveis ou armazenadas a baixas temperaturas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de cupuaçuzeiro foram coletados na área de fruteiras tropicais da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, Estado do Pará, situada a aproximadamente 1°28' de latitude sul e 48°30' de longitude oeste de Greenwich; o relevo é de topografia plana; a altitude de 10,5 m do nível do mar; e o clima, com base na classificação de Köppen, é do tipo Am.

Os frutos utilizados apresentaram peso médio de 1.183 g \pm 21,9 g, com cerca de 31,5 \pm 1,3 sementes, cujo peso individual foi de 4,4 g \pm 0,09 g quando beneficiadas mecanicamente em despulpadeira Pulper Finisher. Neste estudo, foram utilizadas as sementes consideradas de tamanhos médio a grande, e sem danos provocados pelos métodos de beneficiamento (manual ou mecânico).

Neste estudo, testaram-se as condições estressantes promovidas pela temperatura (°C) e umidade relativa (UR) do ar, sobre as características físicas (grau de umidade) e fisiológicas de sementes de cupuaçuzeiro (emergência de plântulas e vigor). As sementes foram submetidas a diversos tratamentos identificados na Tabela 1, enquanto as condições térmicas e de umidade relativa do ar foram conseguidas em germinadores do tipo ELO'S, da Metalúrgica Ibel Ltda., com ou sem o uso de sílica gel como desumidificante.

TABELA 1. Condições de estresses (temperatura e umidade relativa do ar) a que foram submetidas as sementes de cupuaçuzeiro, após os despulpamento, manual ou mecânico, durante a fase seletiva dos tratamentos.

Tratamento seletivo (TS)	Despulpamento		Condição Estressante (h)			Estratificação*
	Manual	Mecânico	CF	CR	SR	
1	S	-	-	-	-	-
2	-	S	-	-	-	-
3	-	S	48	-	-	S
4	-	S	72	-	-	S
5	-	S	240	-	-	S
6	-	S	480	-	-	S
7	-	S	-	48	-	-
8	-	S	-	72	-	-
9	-	S	-	240	-	-
10	-	S	-	480	-	-
11	-	S	-	-	48	-
12	-	S	-	-	72	-
13	-	S	-	-	240	-
14	-	S	-	-	480	-
15	-	S	48	-	-	-
16	-	S	72	-	-	-
17	-	S	240	-	-	-
18	-	S	480	-	-	-

S = realizada; h = horas de exposição; CF = câmara fria ($10^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C} / 65 \pm 2 \% \text{ UR}$); CR = câmara refrigerada ($16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C} / 65 \pm 2 \% \text{ UR}$); SR = sala refrigerada ($21^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C} / 45 \pm 2 \% \text{ UR}$); * = entre camadas de vermiculita seca.

A partir dos resultados dos testes seletivos, foram estabelecidos os tratamentos experimentais; para tanto levaram-se em consideração os aspectos físico (grau de umidade) e fisiológico (emergência de plântulas) das sementes. Foram desconsiderados os tratamentos com porcentagens de emergência igual ou inferiores a 10 %, desse modo, os tratamentos colocados em competição foram os seguintes:

T1) sementes despulpadas manualmente (controle 1 ou absoluto);

T2) sementes despulpadas mecanicamente (controle 2);

T3) sementes despulpadas mecanicamente e conservadas por 48 horas, em CR a $16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C}$ e $65 \pm 2 \text{ \% UR}$;

T4) idem, por 72 horas, em CR a $16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C}$ e $65 \pm 2 \text{ \% UR}$;

T5) idem, por 240 horas, em CR a $16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C}$ e $65 \pm 2 \text{ \% UR}$;

T6) idem, por 480 horas, em CR a $16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C}$ e $65 \pm 2 \text{ \% UR}$;

T7) sementes despulpadas mecanicamente e conservadas por 48 horas, em SR a $21^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C}$ e $45 \pm 2 \text{ \% UR}$;

T8) idem, por 72 horas, em SR a $21^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C}$ e $45 \pm 2 \text{ \% UR}$.

As sementes dos tratamentos T1 e T2, antes da semeadura, e as dos T3 a T8, antes de serem submetidas às condições estressantes, foram tratadas com benomyl mais talco inerte, na proporção de 1:3, na dosagem de 3 g da mistura para um quilograma de sementes, como forma de controlar a ocorrência de fungos.

A determinação do grau de umidade, antes e após a aplicação dos tratamentos, foi estabelecida pela média de quatro repetições de dez sementes despulpadas manualmente. O tempo de exposição foi de 24 horas, em estufa com circulação de ar, regulada à temperatura de $105^{\circ} \pm 3^{\circ} \text{ C}$ e o cálculo do grau de umidade foi realizado com base no peso úmido (Brasil, 1992), através da fórmula:

$$U = \frac{100(P - p)}{P - t}, \text{ onde :}$$

U = grau de umidade (%);

P = peso bruto inicial de cada subamostras;

p = peso bruto final após a desidratação;

t = peso do recipiente utilizado para secagem.

Os testes de emergência de plântulas foram conduzidos em bandejas de plástico, mantidas em sala de crescimento com luz artificial no período diurno, mas sem controle de temperatura e umidade relativa do ar, com amplitudes médias situadas a partir dos extremos de 22,3° C a 29,7° C e de 73,7 % a 92,3 %, respectivamente. Esses dados foram calculados com base nos dados meteorológicos, entre os meses de janeiro / 1996 a dezembro / 1997, segundo as planilhas disponíveis no Laboratório de Climatologia da Embrapa Amazônia Oriental.

O substrato para a semeadura foi constituído de areia lavada e serragem curtida, misturadas na proporção de 1:1, previamente esterilizadas em estufa a $105^{\circ} \pm 3^{\circ} \text{ C}$, com vistas à eliminação de microorganismos que pudessem interferir nos resultados.

Ao final dos testes de emergência, foram consideradas como plântulas normais aquelas que apresentavam perfeita diferenciação e desenvolvimento satisfatório de todas as suas estruturas – raiz primária, epicótilo e folhas primárias. Constituíram as plântulas anormais aquelas com deformações na raiz primária e\ou no epicótilo, as que externaram somente a diferenciação da raiz primária e\ou do epicótilo. As sementes consideradas não-germinadas foram compostas por aquelas que ao final dos testes apresentavam-se intactas e rígidas, as que emitiram pequena protrusão da raiz primária e as de consistência flácida ou deterioradas.

Os resultados de emergência foram expressos pela média de quatro repetições de 50 sementes, com base no número de plântulas normais observado ao final dos testes, que tiveram a duração de 30 dias após a semeadura.

A avaliação do vigor foi realizada através das médias de peso da matéria seca (g) e comprimentos médios (cm) de plântula normal e de suas estruturas básicas (epicótilo e raiz primária), com as amostragens realizadas ao final dos testes de emergência.

A determinação do peso da matéria seca foi feita após a exposição, por 72 horas, de dez plântulas normais por repetição, a $75^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{ C}$, em estufa com circulação forçada de ar. Depois foram resfriadas em dessecador com sílica gel, até a temperatura ambiente, pesadas em conjunto e, por fim, foi calculado o peso médio da matéria seca.

O comprimento, mensurado com base no intervalo compreendido entre a extremidade inferior da raiz primária e o ponto de inserção do primeiro par de folhas primárias, foi determinado pela média do desenvolvimento de 15 plântulas normais. Foram medidos também os comprimentos da raiz primária (espaço entre a extremidade inferior e o ponto de intercalação dos cotilédones) e do epicótilo (da inserção dos cotilédones ao do primeiro par de folhas primárias).

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento completamente casualizado, com quatro repetições. A análise estatística, realizada com o auxílio do programa Sistema para Análise Estatística (ESTAT), versão 2.0 (UNESP/FCAV - Campus de Jaboticabal, SP), foi feita com base no modelo matemático a seguir:

$$y = m + E_i + e_{ij}, \text{ onde :}$$

y = valor observado para cada variável de resposta;

m = média geral;

E_i = efeito i -ésimo do estresse;

e_{ij} = erro de observação j -ésima do i -ésimo do tipo de estresse.

Os valores em porcentagem, com vistas à homogeneização de variância, foram previamente transformados em valores do arco seno, onde $y = \text{arc sen } \sqrt{\%/100}$. A comparação entre as médias foi realizada pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de grau de umidade, antes e depois das sementes terem sido submetidas às condições estressantes, que possibilitaram a definição dos tratamentos experimentais, são representados na Fig. 1. Observou-se que, em alguns tratamentos, a redução do teor de água nas sementes foi igual ou superior a 50 %, como nos TS9, TS10, TS13, TS14, TS17 e TS18.

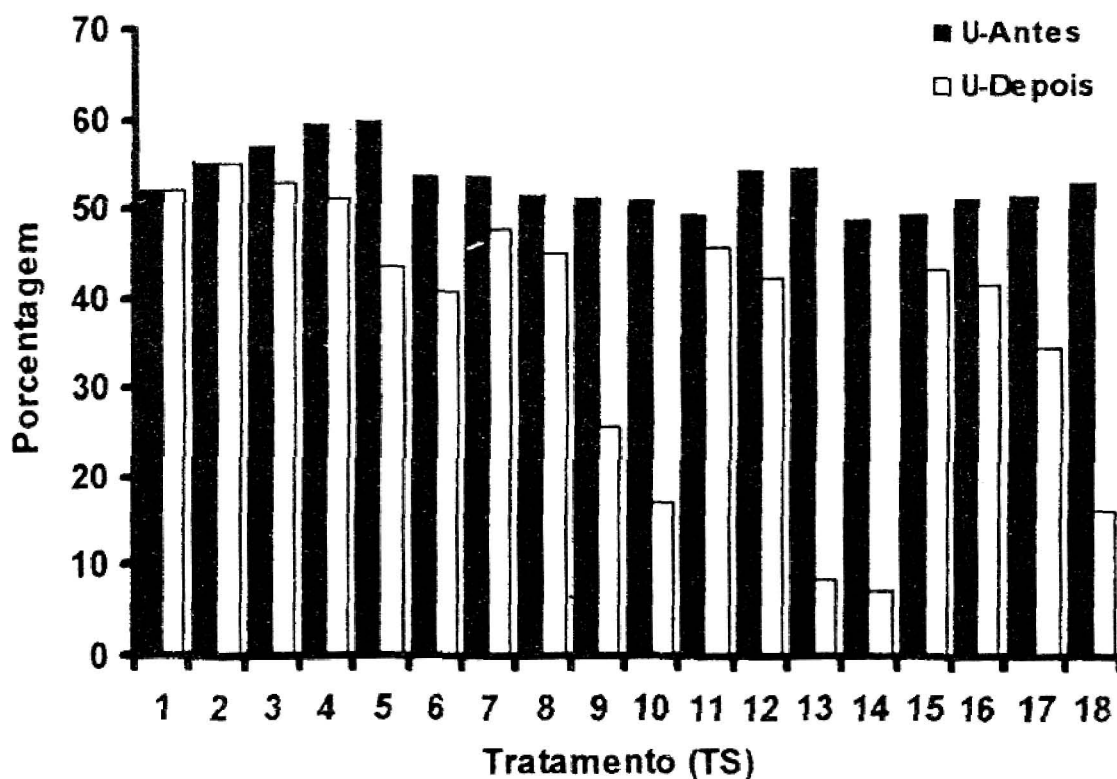


FIG. 1. Grau médio de umidade (U) de sementes de cupuacuzeiro (tratamentos seletivos), antes e depois de terem sido submetidas a estresses térmicos.

As condições de $10^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e $65 \pm 2\%$ UR provocaram drásticos prejuízos à emergência das plântulas, tendo sido observadas porcentagens inferiores a 7 %, fato que motivou as exclusões dos tratamentos TS3, TS4, TS5, TS6, TS15, TS16, TS17 e TS18 (Fig. 2). Pelas mesmas razões, também foram eliminados os tratamentos TS13 e TS14 submetidos ao ambiente de $21^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e $45 \pm 2\%$ UR, pois,

ao final da aplicação do estresse, a maioria dos embriões estavam mortos e de 70 % das sementes exibiam protrusão radicular de coloração preta, sintoma característico de envelhecimento.

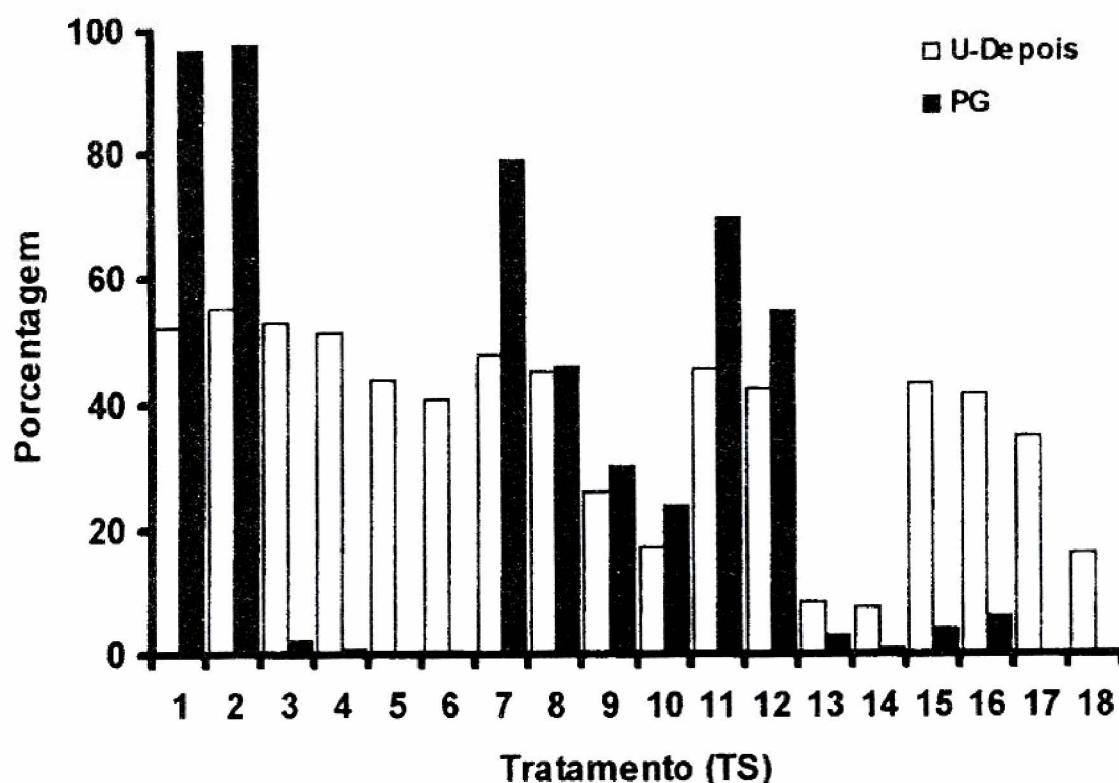


FIG. 2. Grau médio de umidade (U) de sementes de cupuaçuzeiro, após terem sido submetidas a estresses térmicos, e porcentagem média de emergência dos diversos tratamentos seletivos.

Os baixos percentuais de emergência de plântula observados para os tratamentos seletivos, com exposição a $10^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e 65 % UR, indicam que as sementes de cupuaçuzeiro foram sensíveis a essas condições ambientais.

Quanto aos períodos de estresses, a perda de água fez com que o grau de umidade fosse inferior a 40 % nos tratamentos TS9 e TS10 ($16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e 65 ± 2 % UR), TS13 e TS14 ($21^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e 45 ± 2 % UR) e TS17 e TS18 ($10^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e 65 ± 2 % UR), mesmo assim, esse fato só ocorreu para os dois maiores períodos de exposição (240 h e

480 h). Ferreira & Santos (1993), quando avaliaram o efeito da velocidade de secagem sobre a emergência e vigor de sementes de pupunha, concluíram que essas variáveis de respostas foram atingidas por pequenas reduções do grau de água, afetada pela velocidade de desidratação, mas observaram que a secagem lenta favoreceu a emergência e o vigor.

Os resultados obtidos confirmam a condição recalcitrante das sementes de cupuaçuzeiro, que não suportaram a desidratação em níveis de umidade inferior a 45 %, quando mantidas, por 240 e 480 horas, sob ambientes a $10^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C}$ e 65 % UR ou $21^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C}$ e 45 % UR. As sementes de *Shorea roxburhii*, *Hopea odorata*, *Mangifera indica* e *Symphonia globulifera* foram consideradas recalcitrantes, pois tiveram a viabilidade bastante reduzida, após terem sido armazenadas pelo máximo de 20 dias a 20° C e 55 % UR (Corbineau & Côme, 1988).

Por outro lado, os resultados obtidos foram diferentes dos observados por Ellis et al. (1990; 1991a,b), quando trabalharam com sementes de café, mamão (*Carica papaya* L.) e dendê, que ultimamente deixaram de ser consideradas recalcitrantes e passaram a ser classificadas como de característica intermediária. Humberto & Goldbach (1980), quando armazenaram por seis meses sementes de café, com 6 % e 13 % de grau de umidade, em ambientes a $10^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{ C}$ e 50, 60 e 70 % UR, concluíram que as sementes dessa espécie não podem ser consideradas ortodoxas ou mesmo recalcitrantes.

No tratamento seletivo TS10 ($16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C}$ e 65 % UR, 480 h), a emergência foi de 24 % para o grau de umidade de 17,3 %. Quando submetidas à temperatura mais baixa ($10^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C}$ e 65 % UR), a emergência das plântulas de cupuaçuzeiro, para os menores períodos de estresse, não ultrapassou a 6 % e, para os maiores, foi de 0 %.

No caso específico de estratificação a seco, como a empregada nos tratamentos TS3, TS4, TS5 e TS6, os baixos resultados de emergência observados estão de acordo

com os alcançados por Hance & Bevington (1992), quando trabalharam com sementes de *Acer saccharum* Marsh. à temperatura de 15° C. Entretanto, as sementes de algumas espécies de adaptação tropical, como as do próprio cupuaçuzeiro, açaizeiro, dendezeiro, pupunheira, entre outras, têm na estratificação úmida, a principal alternativa de armazenamento (mesmo para curtos períodos de tempo) ou de acondicionamento para remessas a locais mais distantes. Dependendo do tempo de permanência nessas condições, essas sementes podem iniciar o processo de emergência.

As sementes dos tratamentos TS13 e TS14, ao final do período de armazenamento, mesmo sem terem sido estratificadas, exibiam, em mais de 70 %, a protrusão da raiz primária. De acordo com os trabalhos de Farrant et al. (1988), Berjak et al. (1990) e de Finch-Savage, citado por Berjak & Pammenter, (1997), as sementes recalcitrantes podem manifestar esse estágio de pré-germinação, mesmo quando não há nenhum suprimento adicional de água, muito embora este torne-se necessário e em quantidade suficiente para que o processo se complete (Farrant et al. 1986; Pammenter et al. 1984).

Com base na análise estatística, foi possível observar que houve diferenças altamente significativas, entre os tratamentos experimentais em competição, para a porcentagem de emergência de plântula, peso da matéria seca e comprimentos total, de raiz primária e de epicótilo de plântula normal. Os coeficientes de variação foram sempre inferiores a 8 % e o desvio padrão da média variou de 0,15 % (peso seco) a 2,44 % (porcentagem de emergência).

Os efeitos dos estresses aplicados sobre o grau de umidade, antes e depois da exposição das sementes aos tratamentos experimentais, estão representados na Fig. 3.

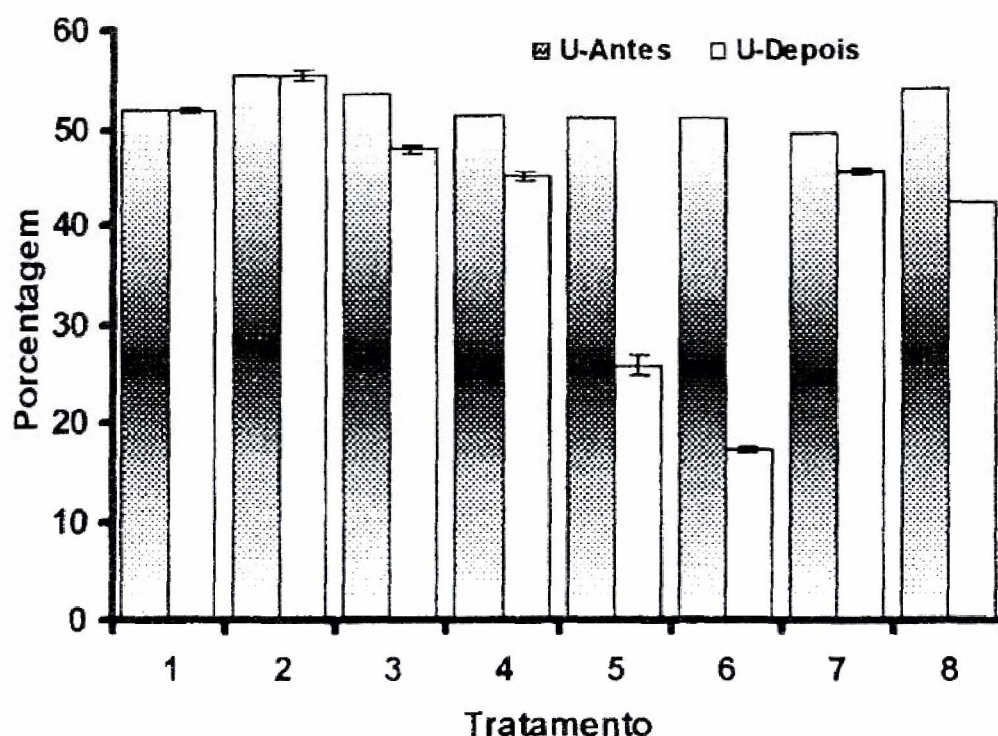


FIG. 3. Grau médio de umidade (U) de sementes de cupuaçuzeiro, antes e depois de submetidas a estresses térmicos, e representação do erro padrão da média (I).

Observou-se que os tratamentos provocaram reduções no conteúdo de água das sementes que variaram de 8 % a 66 %, e as maiores reduções foram observadas nos T5 e T6 (> 49 %). Os tratamentos que perderam menor quantidade de água, em ordem crescente, foram T7, T3, T4 e T8.

As comparações entre as médias de porcentagem de emergência, correlacionadas aos graus de umidade das sementes antes da semeadura, estão ilustradas na Fig. 4.

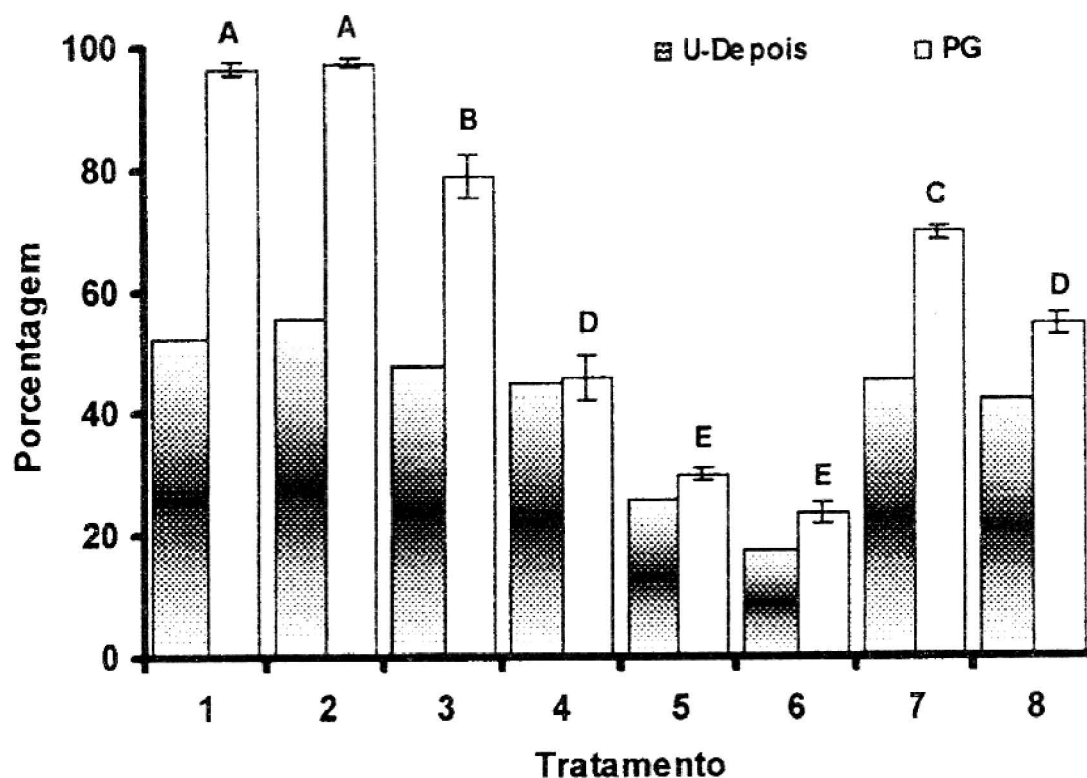


FIG. 4. Grau médio de umidade (U) de sementes de cupuaçuzeiro, após exposição a estresses térmicos, porcentagem média de emergência (letras diversas indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos) e a representação do erro padrão da média (I).

Pode-se observar que os tratamentos controles T2 e T1 foram estatisticamente superiores aos demais, com porcentagens de emergência acima de 95 %. As comparações de médias revelaram que os T3 e T7 foram significativamente diferentes entre si, mas ambos sendo superiores aos tratamentos T8, T4, T5 e T6. Estes dois últimos, apresentaram os mais baixos percentuais de emergência e foram estatisticamente iguais, porém diferiram dos T8 e T4.

De modo geral, a emergência diminuiu à medida que as sementes perderam água, devido aos efeitos dos tratamentos estressantes, mas, a emergência do T4 foi inferior à do T7, embora tenham apresentado graus de umidades semelhantes. Essa redução pode ser atribuída à desorganização

celular de acordo com as hipóteses de Ventucci & Farrant (1995), Berjak & Pammenter (1997) e Pammenter et al. (1997).

Os desempenhos germinativos observados nos tratamentos controles - T1 (97 %) e T2 (98 %) - estão de acordo com os resultados obtidos por Müller & Figueirêdo (1990), quando estudaram a emergência e o vigor em função do tamanho das sementes; Venturieri (1993), ao testar o efeito da presença e ausência de luz na germinação; e Garcia (1994), que verificou a influência da temperatura na germinação e vigor de plântulas de cupuaçuzeiro. Esses resultados indicam que as sementes dessa espécie podem apresentar taxas de emergência superior a 90 % quando não-submetidas a estresses que concorram para a perda de água. Os resultados alcançados neste estudo foram concordantes com os obtidos em outras espécies tropicais, por Corbineau & Côme (1988) e Ferreira & Santos (1993).

Os resultados obtidos confirmam a necessidade das sementes de cupuaçuzeiro serem mantidas com conteúdo de água acima de 45 %. Mas, de acordo com Berjak et al. (1990), é de fundamental importância que seja considerada a velocidade de secagem, haja vista que, na secagem rápida, maiores quantidades de água podem ser removidas dos tecidos das sementes antes que os prejuízos à qualidade fisiológica sejam detectados. As baixas porcentagens de emergência observadas nos tratamentos T5 e T6 estão de acordo com Berjak et al. (1990). Esses autores afirmam que na secagem lenta há maior oportunidade para a atividade metabólica e ação de microorganismos, pois o grau crítico de umidade é mais alto.

As sementes que apresentam restrições à desidratação, como é o caso das de cupuaçuzeiro, quase sempre são tidas como de curta longevidade. Andrade et al. (1996b) consideraram, entre essas, as sementes de seringueira, cacau e manga, como espécies que não podem ser desidratadas

abaixo de graus de umidade entre 12 % e 30 %. Quando tal fato acontece, a redução da viabilidade é imediata devido à ocorrência de danos subcelulares.

Com base na literatura, um dos primeiros indicativos da injúria provocada pela dessecação é a desestruturação da membrana celular e, conseqüentemente, a lixiviação de soluções citoplasmáticas, como carboidratos e proteínas, quando da reidratação dos tecidos, o que leva à inviabilidade. Vários autores, como Berjak et al. (1984), Farrant et al. (1986, 1988 e 1989), Ventucci & Farrant (1995), Berjak & Pammenter (1997) e Pammenter et al. (1997) atribuem à desorganização celular, a causa principal da perda da viabilidade das sementes sensíveis à perda de água. Esse desajuste decorre, principalmente, da desidratação dos componentes lipídicos das células, com isso as membranas perdem as suas funções, como a permeabilidade, compartimentalização e a atividade de enzimas estruturais.

Os graus de umidade observados para as sementes de cupuaçuzeiros dos tratamentos T5 e T6 variaram entre os extremos (12 % e 30 %) referidos por Andrade et al. (1996b), fato que pode explicar as acentuadas reduções das porcentagens de emergência observadas neste experimento.

O fato dos tratamentos controles (T1 e T2) terem sido estatisticamente superiores àqueles expostos a estresses térmicos (Fig. 4) indicam que essas condições foram prejudiciais à emergência das plântulas de cupuaçuzeiro. Por outro lado, outras espécies de sementes, que também não suportam as temperaturas baixas e perdas de água, como o cacau (Hor et al. 1984) e o palmitreiro (Andrade et al. 1996a), tiveram a germinação preservada em níveis satisfatórios quando desidratadas parcialmente e acondicionadas em embalagens perfuradas e impermeáveis de polietileno, respectivamente.

Na Fig. 5 estão representadas e comparadas as médias de peso da matéria seca, correlacionadas com as porcentagens de emergência de plântulas. Com base nos resultados, observa-se que os valores obtidos se situaram dentro do intervalo de 2,6 g e 1,4 g.

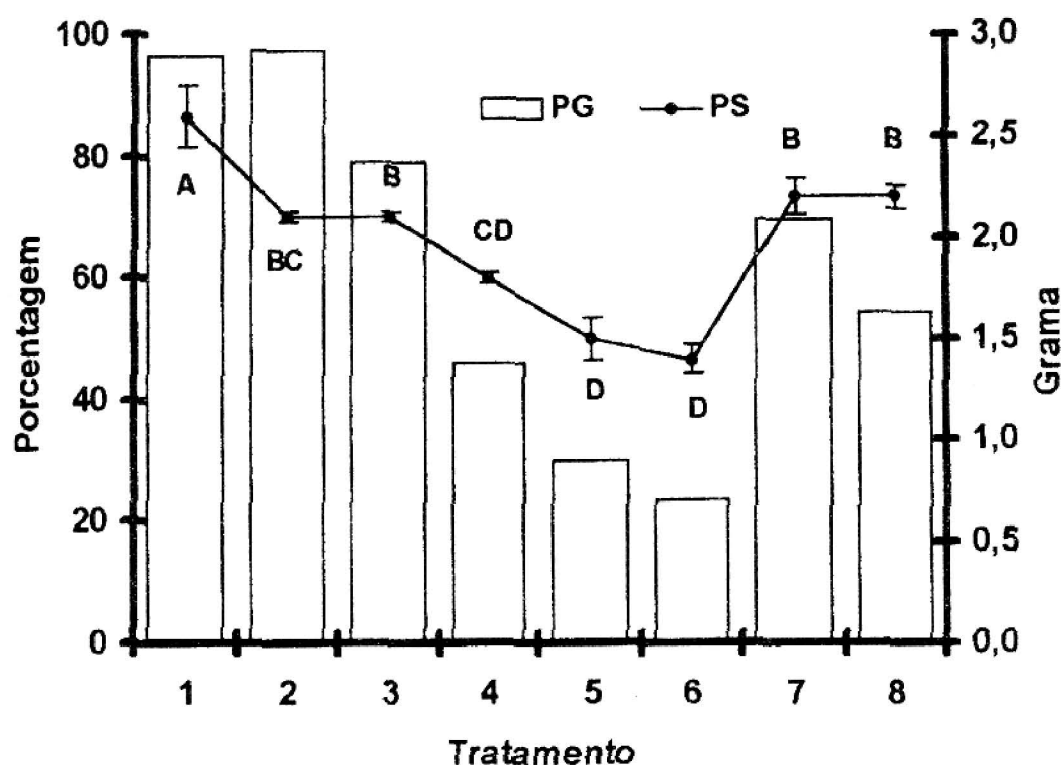


FIG. 5. Comparação de médias de peso seco (PS) de plântulas de cupuaçuzeiro (letras diversas indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos), oriundas de sementes submetidas a estresses térmicos, representação do erro padrão da média (I) e porcentagem média de emergência (PG).

O controle (T1) obteve a maior média de peso de matéria seca e foi significativamente superior à dos demais tratamentos. Com comportamento intermediário e estatisticamente semelhantes entre si, classificaram-se com médias decrescentes os tratamentos T7, T8, T3 e T2, enquanto este último não diferiu do T4. Não foi possível detectar diferenças significativas entre os tratamentos T4, T5 e T6.

Os resultados de vigor também foram avaliados pelos comprimentos total e de partes da plântula (raiz primária e epicótilo). Na Fig. 6 estão representadas as comparações entre os comprimentos médios de plântulas e as porcentagens de emergência correspondentes aos diversos tratamentos em competição.

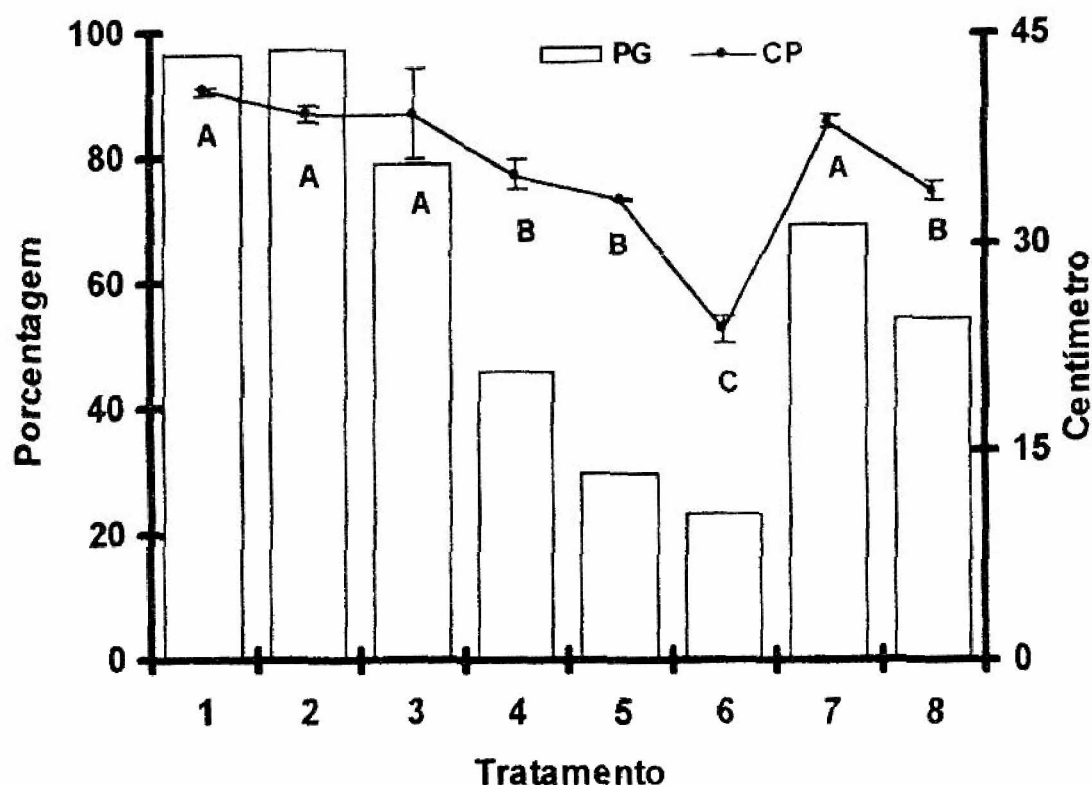


FIG. 6. Comprimento médio total (CP) de plântulas de cupuaçuzeiros (letras diversas indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos), oriundas de sementes submetidas a estresses térmicos, representação do erro padrão da média (I) e porcentagem média de emergência (PG).

Os tratamentos com melhores desempenhos quanto ao desenvolvimento das plântulas (T1, T3, T2 e T7), com médias que variaram entre 41 cm e 38 cm, foram estatisticamente semelhantes entre si, mas diferiram dos demais. O pior desempenho foi observado para o tratamento T6 (23,7 cm), significativamente inferior aos T4, T8 e T5. Verificou-se que os estresses que provocaram as mais drásticas reduções na porcentagem de emergência também afetou, de modo considerável, o desenvolvimento das plântulas.

Com base nas Figs. 5 e 6, pode-se observar que os tratamentos estressantes não só provocaram a redução da emergência, como também do vigor mensurado pelas médias de peso de matéria seca e de comprimento das plântulas.

Verificou-se que o crescimento das plântulas diminuiu do mesmo modo como foi reduzida a porcentagem de emergência. Por isso, as plântulas dos controles foram mais desenvolvidas do que as dos demais tratamentos. Almeida & Valle (1995), quando realizaram a análise de crescimento de plântulas de diversos genótipos de cacaueiro, concluíram que a diferença de peso de matéria seca foi devida ao maior enchimento dos frutos e seus componentes na fase de frutificação, fato este que concorreu para a diferença entre os tratamentos e o controle. Por outro lado, as perdas da capacidade germinativa podem ter sido decorrentes da aplicação dos tratamentos que provocaram níveis variáveis de deterioração.

Quanto às estruturas básicas das plântulas, raiz primária e epicótilo, as comparações entre médias e as respectivas correlações com a porcentagem de emergência, estão representadas nas Figs. 7 e 8, respectivamente.

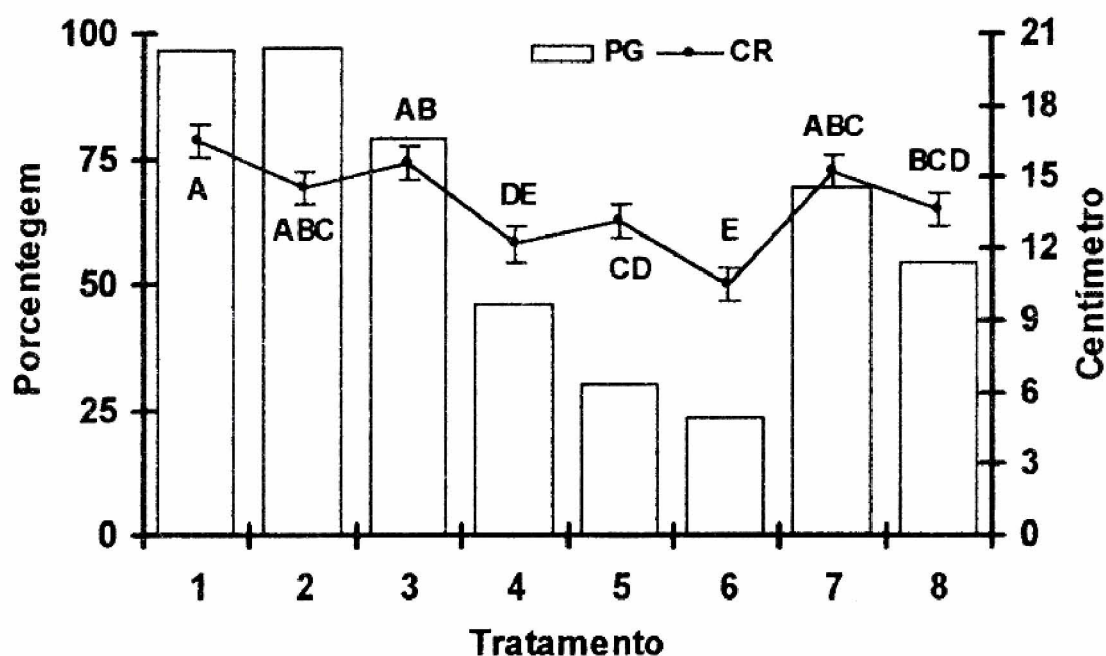


FIG. 7. Comprimento médio de raiz primária (CR) de plântulas de cupuaçuzeiros, oriundas de sementes submetidas a estresses térmicos, representação do erro padrão da média (I) e porcentagem média de emergência (PG).

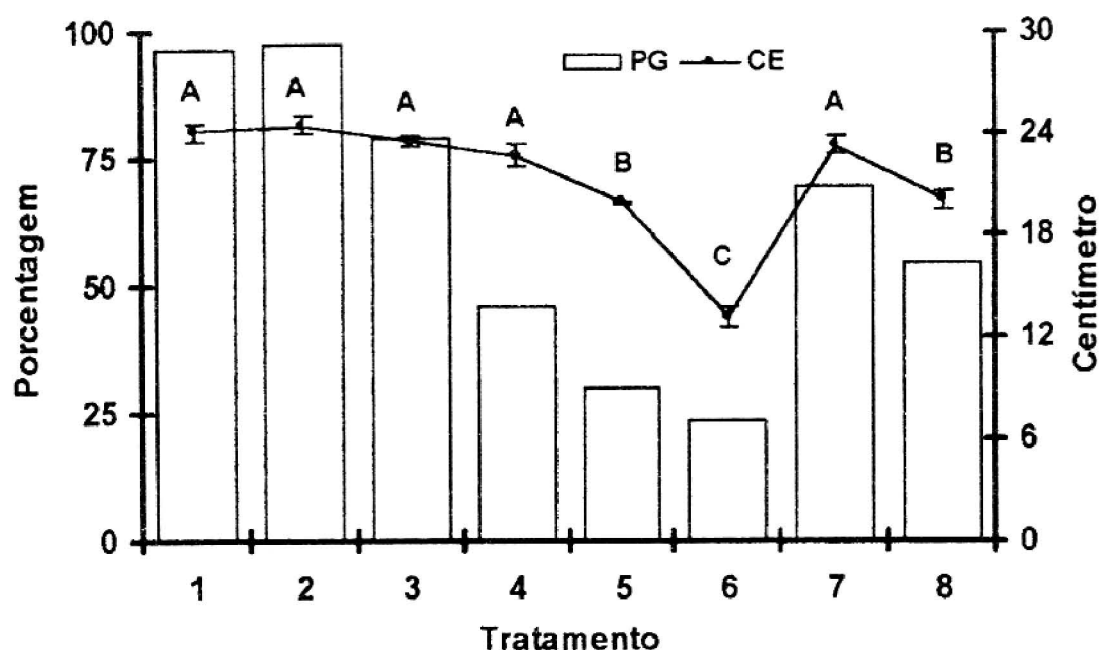


FIG. 8. Comprimento médio de epicótilo (CE) de plântulas de cupuaçuzeiros, oriundas de sementes submetidas a estresses térmicos, representação do erro padrão da média (I) e porcentagem média de emergência (PG).

Com relação ao comprimento da raiz primária, com médias que se situaram entre 10 cm e 17 cm, os tratamentos T1, T3, T7 e T2 não diferiram entre si, mas os três últimos foram estatisticamente semelhantes ao T8. Os tratamentos T7 e T2 também foram significativamente diferentes dos T8 e T5, porém, o T5 apresentou comportamento estatístico semelhante ao T4. A menor média foi registrada para o tratamento T6, que não diferiu do T4 (Fig. 7).

Com relação ao comprimento do epicótilo, observou-se que os tratamentos T2, T1, T3, T7 e T4 não diferiram entre si e foram estatisticamente superiores aos demais. O menor comprimento foi registrado para o T6, que foi significativamente inferior aos T8 e T5, mas estes não diferiram entre si. O valor do comprimento médio registrado ficou entre os extremos de 13 cm e 25 cm (Fig. 8).

Comparativamente, os resultados de comprimento do epicótilo observados nos tratamentos controles (T1 - 24,1 cm e T2 - 24,5 cm) deste estudo, estão de acordo com os observados por Müller & Figueirêdo (1990), quando avaliaram o efeito do tamanho das sementes sobre a emergência e vigor de sementes de cupuaçuzeiro, cujas médias variaram de 17,02 cm a 24,64 cm.

Na Tabela 2 estão discriminados os valores em porcentagem de plântulas anormais, constituídas daquelas com deformações na raiz primária e no epicótilo, ou somente com a diferenciação da raiz primária ou do epicótilo.

TABELA 2. Porcentagem média de anormalidades em plântulas de cupuaçuzeiro, oriundas de sementes submetidas a estresses térmicos.

Tratamento	PARE	PACR	PACE	Total
T1	0	1	0	1
T2	1	0	0	1
T3	4	1	3	8
T4	10	8	3	21
T5	10	9	4	23
T6	7	3	1	11
T7	1	2	1	4
T8	3	6	2	11
Média	4,5	3,7	1,7	10,0

PARE = plântulas anormais com deformações na raiz primária e no epicótilo; PACR = plântulas anormais apenas com a raiz primária; PACE = plântulas anormais apenas com o epicótilo.

Em termos experimentais, a principal causa de anormalidade foi aquela em que, apesar de exibirem as estruturas essenciais, as plântulas tiveram o desenvolvimento irregular. A média foi de 10,0 % e as maiores porcentagens fo-

ram de 21 % (T4) e 23 % (T5). Nesses tratamentos, foram consideráveis os números de plântulas sem a raiz primária, 8,0 % e 9,0 %, respectivamente, mas a média foi de 3,7 %. A média de plântulas só com o epicótilo foi de apenas 1,7 %. Verificou-se que o número de plântulas com diferenciação somente da raiz primária foi mais de duas vezes maior que o daquelas sem o epicótilo. Esses dados indicam que os tratamentos aplicados provocaram efeitos mais danosos sobre a raiz. Segundo Brown (1972), a germinação é manifestada primeiramente pelo desenvolvimento da raiz primária, segue-se o do epicótilo e, finalmente, o lançamento dos primórdios foliares. No caso de sementes de cupuaçuzeiro submetidas a estresses térmicos, o metabolismo foi de tal forma afetado que essa seqüência não apresentou, não se completou; daí a ocorrência de plântulas apenas com a raiz primária e/ou com o epicótilo.

As sementes não-germinadas consistiram daquelas que, ao final dos testes de emergência, apresentavam-se intactas e rígidas, com pequena protrusão da raiz primária e com consistência flácida ou deteriorada (Tabela 3).

TABELA 3. Porcentagem média de sementes não-germinadas de cupuaçuzeiro submetidas a estresses térmicos.

Tratamento	STIN	SCPR	STFL	STPO	Total
T1	0	0	1	1	2
T2	0	0	0	1	1
T3	0	2	2	9	13
T4	1	10	9	13	33
T5	6	14	9	18	47
T6	10	24	10	21	65
T7	0	1	19	6	26
T8	1	4	23	6	34
Média	2,2	6,9	9,1	9,4	27,6

STIN = sementes intactas; SCPR = sementes com protrusão da radícula; STFL = sementes flácidas; STPO = sementes deterioradas

As porcentagens de sementes não-germinadas foram consideradas altas, com média de 27,6 %, e os maiores percentuais foram registrados para os T6 (65 %) e T5 (47 %). As maiores porcentagens médias de sementes não-germinadas foram constituídas das de consistência flácidas (9,1 %) e de deterioradas (9,4 %) e as menores foram observadas para aquelas com protrusão da raiz primária (6,9 %) e intactas e rígidas (2,2 %).

CONCLUSÕES

As sementes de cupuaçuzeiro, por terem comportamento recalcitrante, não devem ser desidratadas a níveis de umidade inferior a 45 % quando submetidas a métodos de secagem lenta.

As condições de $21^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e umidade relativa do ar de 65 % provocaram menos estresses às sementes porque a secagem foi mais rápida.

A condição estressante mais prejudicial à qualidade fisiológica das sementes, entre os tratamentos seletivos, foi provocada pela temperatura de $10^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e umidade relativa do ar de 65 %, e as injúrias aumentaram com o tempo de exposição.

As condições de temperatura de $16^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e umidade relativa do ar de 65 %, afetaram, de modo drástico, a porcentagem de emergência e concorreram para o aumento de anormalidade de plântulas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.A. de; VALLE, R.R. Análise de crescimento do fruto e das sementes de sete genótipos de *Theobroma cacao* L. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.7, p.909-916, 1995.
- ANDRADE, A.C.S. de. Desiccation sensitivity in Brazilian palm seeds. In: INTERNATIONAL WORKSHOP: DESICCATION TOLERANCE AND SENSITIVITY OFF SEEDS AND VEGETATIVE PLANT TISSUES. 1984. South Africa. **Programmer and Abstract**. South Africa: Kruger National Park, 1984. p.6.
- ANDRADE, A.C.S. de; MALAVASI, M.M.; COSTA, F.A. da. Conservação de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.): efeito da temperatura de armazenamento e do grau de umidade das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.2, p.149-155, 1996a.
- ANDRADE, A.C.S. de; VENTURI, S.; PAULILO T.S. Efeito do tamanho das sementes de *Euterpe edulis* Mart. sobre a emergência e crescimento inicial. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.2, p.225-231, 1996b.
- ATTRIDGE, T.H. Seedling development. In: LIGHT and plant responses: a study of plant photophysiology and natural environment. Stoughton: Hodder, 1990, p.65-113.
- BERJAK, P.; FARRANT, J.M.; PAMMENTER, N.W. The basis of recalcitrant seed behavior. In: TAYLORSON R.B. ed. **Recent advances in the development and germination of seeds**. New York: Plenum Press, 1990. p.89-108.
- BERJAK, P.; PAMMENTER, N.W. Progress in the understanding and manipulation of desiccation-sensitive (recalcitrant) seeds. In: ELLIS, R.H.; BLACK, M.; MURDOCH, A.J.; HONG, T.D. eds. **Basic and applied aspects of seed biology**. London: Kluwer Academic Pub. 1997. p.689-703.

- BERJAK, P.; DINI, K.; PAMMENTER, N.W. Possible mechanisms underlying the differing dehydration responses in recalcitrant and orthodox seeds: desiccation - associated with subcellular changes in propagules of *Avicennia marina*. **Seed Science and Technology**, v.12, n.2, p.365-384, 1984.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds**. Berlin: Springer-Verlag, 1985, 367p.
- BONNER, F.T. Tropical forest seeds: biology, quality, and technology. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2., 1989, Atibaia, SP. **Anais**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente. Instituto de Florestas. Coordenação de Proteção de Recursos Naturais, 1989. p.263-274.
- BORGES, E.E. de L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B. de; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. eds. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.83-135.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**, Brasília, 1992. 365p.
- BROWN, R. Germination. In: STEWARD, F.C. **Plant physiology: a treatise**. New York: Academic Press, 1972. p.3-48.
- CALZAVARA, B.B.G.; MÜLLER, C.H.; KAHWAGE, O. de N. da C. **Fruticultura tropical - o cupuaçuzeiro: cultivo, beneficiamento e utilização do fruto**. Belém: Embrapa-CPATU, 1984. 101p. (Embrapa-CPATU, Documentos, 32).
- CARVALHO, J.E.U. de; FIGUEIRÊDO, F.J.C.; MÜLLER, C.H. **Comportamento ortodoxo em sementes de sorva, *Couma utilis***. Belém: Embrapa-CPATU, 1996a. 16p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 168).

- CARVALHO, J.E. U. de; FRAZÃO, D.A.C.; FIGUEIRÊDO, F.J.C.; OLIVEIRA, R.P. de. **Conservação da viabilidade de sementes de guaraná, *Paullinia cupana* var. *sobilis* (Mart.) Ducke**. Belém: Embrapa-CPATU, 1982. 12p. (Embrapa-CPATU. Circular Técnica, 35).
- CARVALHO, J.E.U. de; NASCIMENTO, W.M.O. do; MÜLLER, C.H.; FIGUEIRÊDO, F. J. C. **Características de germinação de sementes frutíferas encontradas na Amazônia**. Belém: Embrapa-CPATU, 19--. Painel exposto no Laboratório de Ecofisiologia da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.
- CARVALHO, J.E.U. de; NASCIMENTO, W.M.O. do; MÜLLER, C.H.; FIGUEIRÊDO, F.J.C. **Identificação de sementes recalcitrantes em espécies frutíferas tropicais da Amazônia**. Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental, Belém, 1996b. p.59.
- CARVALHO, N.M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3ª ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.
- CAVALCANTE, A. da S.L.; COSTA, J.G. da. Situação atual e perspectivas da cultura do cupuaçuzeiro no estado do Acre, Amazônia Ocidente Brasileira. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996. Belém, PA. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p.119-124.
- CAVALCANTE, P.B. **Fruteiras comestíveis da Amazônia**. 5. ed. Belém: CEJUP/CNPq/Museu Paraense "Emílio Goeldi", 1991. 279p.
- CÍCERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; TOLEDO, F.F. de. Efeitos do tratamento fungicida e de três ambientes de armazenamento sobre a conservação de semente de seringueira. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.43, n.2, p.763-787, 1986.

- CORBINEAU, F.; CÔME, D. Storage of recalcitrant seeds of four tropical species. **Seed Science and Technology**, v.16, n.1, p.97-103, 1988.
- CUATRECASAS, J. Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. **Contribution US Natural Herbarium**, v.35, p.379-614, 1964.
- DUCKE, A. **As espécies brasileiras do gênero *Theobroma* L.** Belém: IAN, 1953. p.3-20. (IAN. Boletim de Pesquisa, 28).
- ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. An intermediate category of seeds storage behavior? I. Coffee. **Journal Experimental of Botany**, v.41, n.230, p.1167-1174, 1990.
- ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. Effect of storage temperature and moisture on the germination of papaya seeds. **Seed Science Research**, v.19, n.1, p.69-72, 1991a.
- ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H.; SOETISNA, U. Seed storage behavior in *Elaeis guineensis*. **Seed Science Research**, v.19, n.1; p.99-104, 1991b.
- FARRANT, J.M.; PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Germination - associate eventos and the desiccation sensitive of recalcitrance seeds - a study on three unrelated species. **Planta**, v.178, p.189-198, 1989.
- FARRANT, J.M.; PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Recalcitrance – a current assessment. **Seed Science and Technology**, v.16, p.155-166, 1988.
- FARRANT, J.M.; PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. The increasing desiccation sensitivity of recalcitrant *Avicennia marina* seeds with storage time. **Physiologia Plantarum**, v.67, p.291-298, 1986.

- FERREIRA, S.A. do N.; SANTOS, L. A. dos. Efeito da velocidade de secagem sobre a emergência e vigor de sementes de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). **Acta Amazonica**, v.23, n.1, p.3-8, 1993.
- FIGUEIRÊDO, F.J.C.; ROCHA NETO. O.G. da; CARVALHO, C. J.R. de. Germinação e respiração de sementes de castanheira-do-brasil submetidas a tratamentos estressantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6., 1997, Belém, PA. **Resumos**. Belém: SBFV, 1997, p.503.
- GARCIA, L.C. Influência da temperatura na germinação de sementes e no vigor de plântulas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Speng.) Scgum.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.7, p.1145-1150, 1994.
- GASPAROTTO, L.; ARAÚJO, R. da C.; SILVA, S. E.L. da. Cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais - programa SHIFT. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém, PA. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p.103-108. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).
- HANCE, B.A.; BEVINGTON, J.N. Changes in protein synthesis during stratification and dormancy release in embryos of sugar maple (*Acer saccharum*). **Physiologia Plantarum**, v.86, p.365-371, 1992.
- HEYDECKER, W. Stresse and seed germination: an agronomic view. In: KHAN, A.A. ed. **Biochemistry of seed dormancy and germinations**. New York: North-Holland, 1980. p.237-282.
- HOMMA, A.O.K. **Extrativismo vegetal na Amazônia: limites e oportunidades**. Belém: Embrapa-CPATU/Brasília: Embrapa-SPI, 1993. 202p.

- HOR, Y.L.; CHIN, H.F.; MOHAMED ZAIN, K. The effect of seed moisture and storage temperature on the storability of cacao (*Theobroma cacao*) seeds. **Seed Science and Technology**, v.3, p.12, p.415-420, 1984.
- HUMBERTO, A.V.; GOLDBACH, H. Storage of coffee (*Coffea arabica* L.) seed. **Journal of Seed Technology**, v.5, n.2, p.7-18, 1980.
- JANN, R.C.; AMEN, R.D. What is germinations? In: KHAN, A.A. ed. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germinations**. New York: North-Holland, 1980. p.7-28.
- KING, M.W.; ROBERTS, E. H. **The storage of recalcitrant seeds: achievements and possible approaches**. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, 1979. 96p.
- LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington, D.C.: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.
- MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 3. ed. New York: Pergamon Press, 1982. 263p.
- MOTA, P.P.C. da. **Cultura do cupuaçuzeiro: informações básicas**. Belém: CEPLAC/CORAM/COREX, 1990. 18p. (CEPLAC. Cadernos de Extensão Rural da Amazônia, 6).
- MÜLLER, C.H.; FIGUEIRÊDO, F.J.C. **Tamanho de sementes de cupuaçuzeiro, *Theobroma grandiflorum*: emergência e vigor**. Belém: Embrapa-CPATU, 1990. 19p. (Embrapa-CPATU. Boletim Pesquisa, 111).
- NOGUEIRA, O.L.; CONTO, A.J. do; CALZAVARA, B.B.G.; TEIXEIRA, L.B.; KATO, O.R.; OLIVEIRA, R.F. de. **Recomendações para o cultivo de espécies perenes em sistemas consorciados**. Belém: Embrapa-CPATU, 1991. (Embrapa-CPATU. Documentos, 56).

- PAMMENTER, N.W.; FARRANT, J.M.; BERJAK, P. Recalcitrant seeds: maturation on germinability in soybean. **Annals of Botany**, v.54, p.843-846, 1984.
- PAMMENTER, N.W.; MOTETE, N.; BERJAK, P. The response of hydrated recalcitrant seeds to long-term storage. In: ELLIS, R.H.; BLACK, M.; MURDOCH, A.J.; HONG, T.D. eds. **Basic and applied aspects of seed biology**. London: Kluwer Academic Pub., 1997. p.673-687.
- PEREIRA, J. da P. **Conservação de sementes de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.)**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. 1976. 54p. Dissertação de Mestrado.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.
- RIBEIRO, G.D. Situação atual e perspectivas da cultura do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*, Schum.) no estado de Rondônia, Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996. Belém, PA. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p.109-118. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 89).
- ROBERTS, E.H.; KING, M.W. The characteristics of recalcitrant seeds. In: CHIN, H. F.; ROBERTS, E.H. eds. **Recalcitrant crop seeds**. Kuala Lumpur: Tropical Press, 1980. p.1-5.
- VENTUCCI, C.W.; FARRANT, J.M. Seed development and germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. eds. **Acquisition and loss of desiccation tolerance**. New York: M. Dekker, 1995. p.237-271.
- VENTURIERI, G.A.; RONCHI-TELES, B.; FERRAZ, I.D.K.; LOURDE, M.; HAMADA, N. **Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos e processamento**. Belém: Clube do Cupu, 1993. 108p.

- VILLACHICA, H.; CARVALHO, J.E.U. de; MÜLLER, C.H.;
DÍAZ, S.C.; ALMANZA, M. **Frutales y hortalizas
promisorios de la Amazonia**. Colab. Lima: Tratado de
Cooperacion Amazonica, 1996. 367p.
- ZINK, E.; ROCHELE, L.A. Estudos sobre a conservação de
sementes, XI - Cacau. **Bragantia**, v.23, n.11, p.111-116,
1964.